

ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ ИНТЕНСИВНОСТИ ПЛАВКИ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ РАБОТЫ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Аннотация

Разработана методика анализа влияния интенсивности плавки на развитие реакций косвенного восстановления. Показано, что снижение удельного расхода кокса при повышении интенсивности плавки достигается при приближении степени использования CO к равновесной.

Ключевые слова: косвенное восстановление, степень использования CO, производительность, скорость реакции, удельный расход кокса.

Abstract

A method for estimation of production intensity and indirect reduction dependence was developed. It was shown that decrease of specific coke consumption can be archived when efficiency of CO use is near to equilibrium while production intensity is increased.

Keywords: indirect reduction, CO efficiency, production performance, reaction rate, specific coke consumption.

Выбор оптимальной интенсивности выплавки чугуна в доменных печах является важной задачей современной технологии. Известно, что потери тепла обратно пропорциональны производительности доменной печи [1].

$$Q_{\Pi} = \frac{k \cdot d_r}{P_{\text{сут}}}, \quad (1)$$

где Q_{Π} – удельные тепловые потери, кДж/т; k – эмпирический коэффициент; d_r – диаметр горна, м³; $P_{\text{сут}}$ – суточная производительность, т/сут.

В то же время сокращение времени пребывания шихты в зоне косвенного восстановления при повышении интенсивности плавки приводит к снижению степени использования восстановительного потенциала газового потока. В работе выполнен анализ влияния интенсивности плавки на ход восстановительных процессов и удельные тепловые потери печи.

Для количественного анализа влияния параметров доменной плавки на ход восстановительных процессов рассматривали совместное развитие реакций газификации углерода кокса и восстановления железа:





Общепризнанно, что большинство восстановительных реакций в доменной печи не достигают равновесия. Влияние времени восстановления на отклонение концентрации продуктов реакции от равновесной выражается через скорость реакции [2]:

$$v = \frac{dx}{d\tau} = k(x - x_p), \quad (4)$$

где v – скорость химической реакции, моль/л·сек; x – концентрация вещества, моль/л; x_p – равновесная концентрация, моль/л; τ – время, с; k – константа скорости реакции, с⁻¹.

Интегрирование данного выражения позволяет получить зависимость отклонения концентрации вещества относительно равновесной от времени протекания реакции:

$$\int_{x_p}^x \frac{dx}{x - x_p} = k \int_0^{\tau} d\tau, \quad (5)$$

$$\ln(x - x_p) = k\tau \quad (6)$$

или

$$x - x_p = e^{k\tau}. \quad (7)$$

В качестве технологического показателя, характеризующего степень развития реакции косвенного восстановления, принята степень использования монооксида углерода, определяемая развитием реакции (3):

$$\eta_{\text{CO}} = \frac{\text{CO}_2}{\text{CO} + \text{CO}_2}, \quad (8)$$

где η_{CO} – степень использования монооксида углерода, доли единиц; CO, CO_2 – содержание монооксида и диоксида углерода в газовой фазе, %.

Зависимость степени использования монооксида углерода от времени описывается уравнением:

$$\eta_{\text{CO}} = \eta_{\text{CO}}^p (1 - e^{-k\tau}), \quad (9)$$

где η_{CO}^p – равновесная степень использования монооксида углерода, доли единиц, τ – время пребывания материала в зоне восстановления, с.

Или, после линеаризации получим:

$$\Delta\eta_{\text{CO}} = \frac{\eta_{\text{CO}}^p}{\eta_{\text{CO}}} \cdot \frac{k \cdot e^{k\tau}}{(e^{k\tau} - 1)} \cdot \Delta\tau. \quad (10)$$

Из уравнения вытекает, что чем больше отклонение показателя η_{CO} от равновесного, тем существеннее влияние времени пребывания шихты в печи на степень использования CO .

Оценка константы скорости реакции осуществляется с привлечением натурных данных о работе печи по формуле:

$$k = \frac{\ln\left(1 - \frac{\eta_{CO}}{\eta_{CO}^P}\right)}{\tau}. \quad (11)$$

С использованием полученной модели для условий работы доменных печей НТМК выполнен анализ влияния суточного производства на степень использования СО (рис. 1).

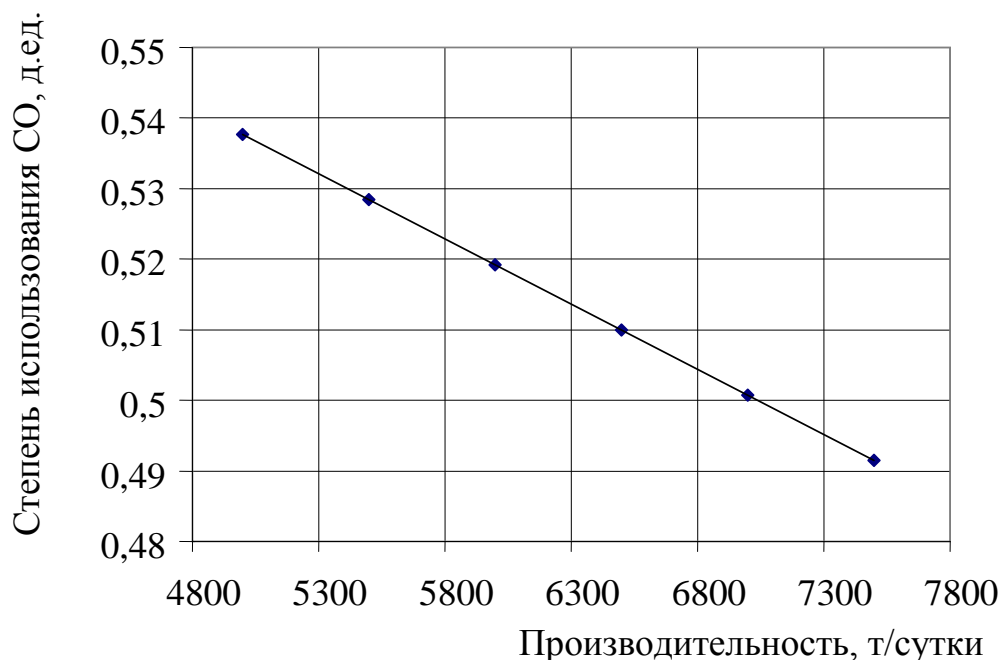


Рис. 1. Расчетная зависимость степени использования СО от производительности печи

На рис. 2 приведена аналогичная зависимость, представляющая собой обработку фактических данных работы доменной печи.

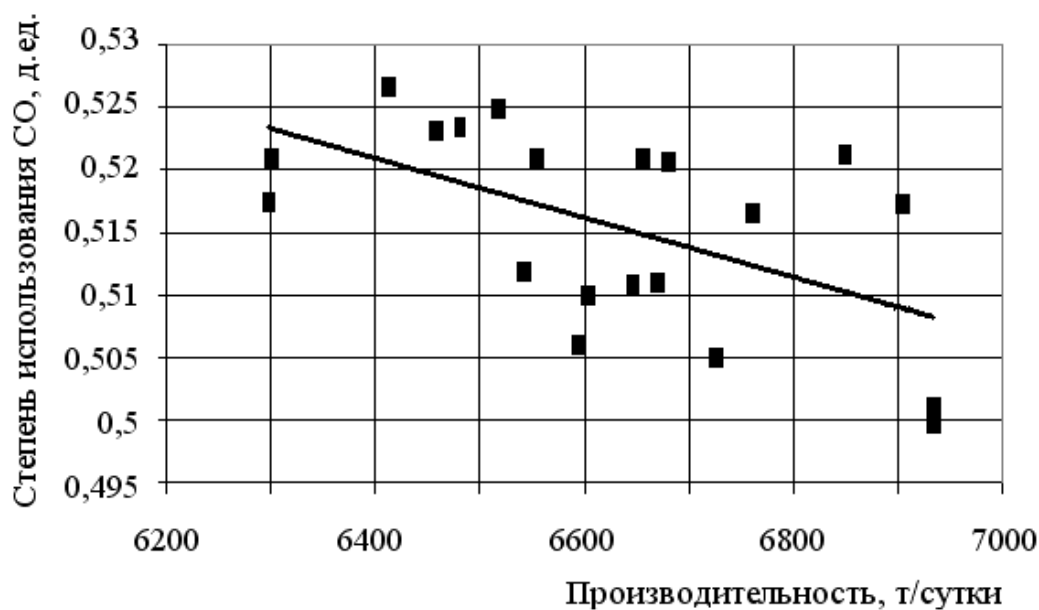


Рис. 2. Экспериментальная зависимость степени использования СО от производительности печи

Суммарный эффект изменения степени использования CO , который определяется влиянием времени пребывания шихты в зоне косвенного восстановления и изменением равновесия реакции $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ при снижении производительности на 10 %, составляет 0,020–0,025. Такое изменение степени использования CO соответствует увеличению удельного расхода кокса на 9–12 кг/т чугуна.

Зависимость между производительностью доменной печи и удельным расходом кокса приводится на рис. 3.

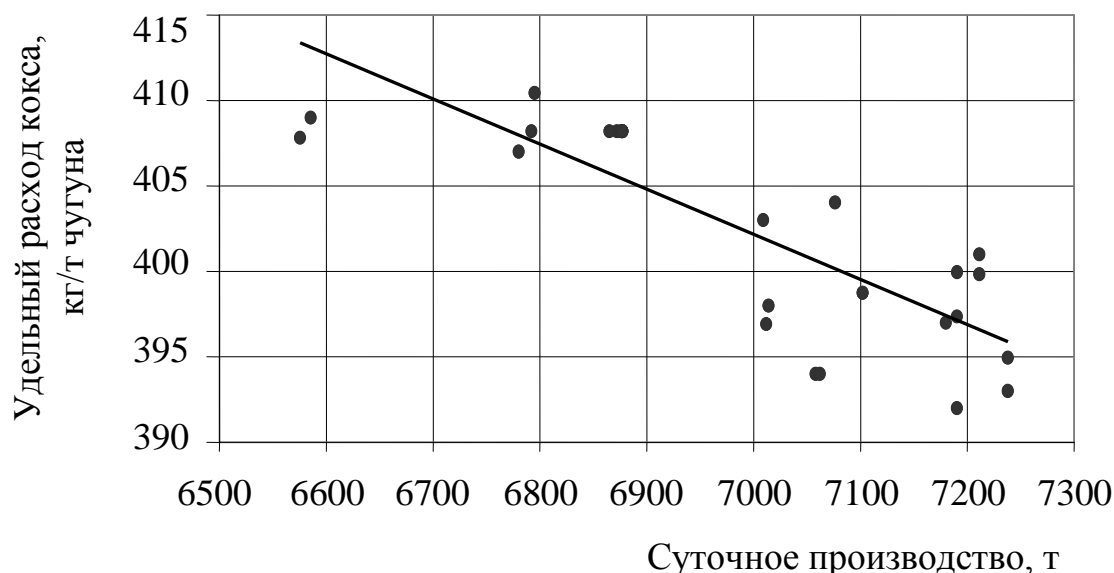


Рис. 3. Зависимость удельного расхода кокса от производительности доменной печи

Анализ расчетных и экспериментальных данных показал, что в условиях приближения степени использования монооксида углерода к равновесной влияние интенсивности плавки на этот фактор снижается и определяющим является влияние интенсивности плавки на тепловые потери в печи.

Список использованных источников

1. Готлиб А. Д. Доменный процесс. – М.: Металлургия, 1966. – 503 с.
2. Товаровский И. Г., Райх Е. И., Шкодин К. К. [и др.]. Применение математических методов и ЭВМ для анализа и управления доменным процессом. – М.: Металлургия, 1978. – 264 с.